

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

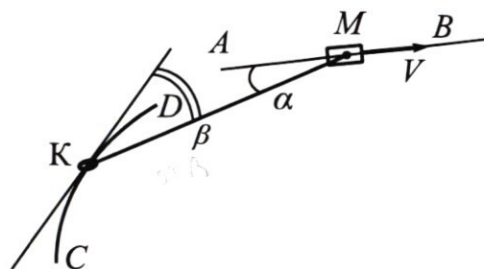
Вариант 11-01

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.

- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

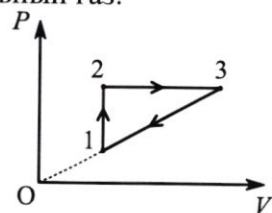


2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

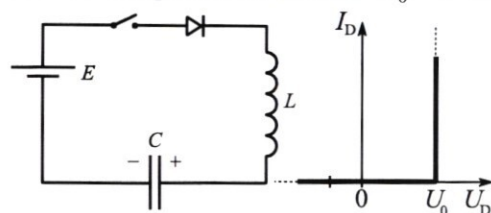
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

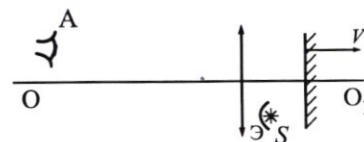


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

Дано:

$$V = 0,68 \text{ м/с}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

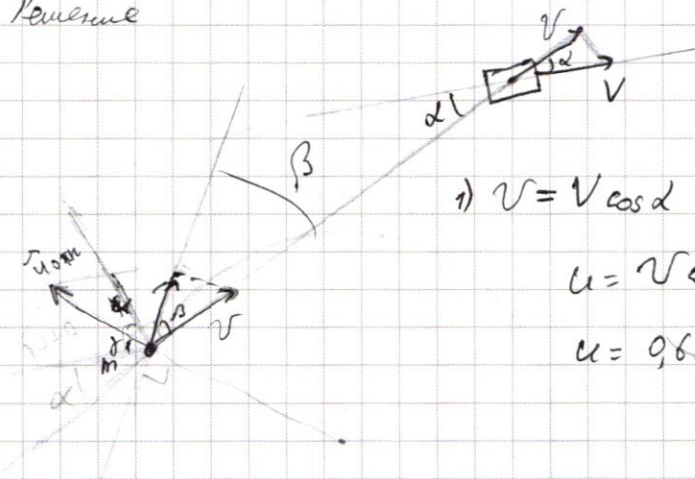
$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = \frac{5}{3} R$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

Решение



$$1) u = V \cos \alpha$$

$$u = V \cos \alpha \cos \beta$$

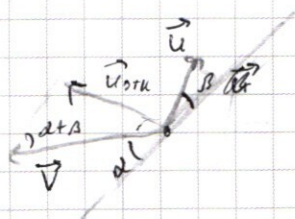
$$u = 0,68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} = 0,48 \text{ м/с}$$

1) u - ?

2) $u_{\text{отн}}$ - ?

3) τ - ?

$$2) \vec{u}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{V}$$



Th cos:

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{V^2 + u^2 - 2Vu \cos(\alpha + \beta)}$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{\frac{6928,5 - 384,36}{5}} = \sqrt{\frac{20816}{5}} \text{ м/с}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} =$$

$$= \frac{60 - 24}{17 \cdot 5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{289 - 225}}{17} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{25 - 16}}{5} = \frac{3}{5}$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{\frac{20816}{5}} \text{ м/с} \approx 65 \text{ м/с}$$

$$3) u_{\text{отн}} \quad u^2 = u_{\text{отн}}^2 + V^2 - 2u_{\text{отн}} V \cos \gamma \Rightarrow \cos \gamma = \frac{65^2 + 68^2 - 48^2}{2 \cdot 65 \cdot 68} \approx 0,79$$

$$u_{\perp} = u \cdot \cos \theta = u \cos(\beta + \gamma) = u \cdot (\cos \beta \cos \gamma - \sin \beta \sin \gamma) \approx 0,48 \cdot \frac{2}{15} \approx 0,14 \text{ м/с}$$

$$\theta = 180 - \beta - \gamma \quad \frac{mu_{\perp}^2}{e} = \tau = \frac{0,1 \cdot 0,14^2}{\frac{5}{3} \cdot 1,9} \approx \frac{0,1 \cdot 0,02,3}{\frac{5}{3} \cdot 1,9} \approx 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ н}$$

- О-р-в-е-м: 1) $0,48 \text{ м/с}$
2) $0,65 \text{ м/с}$
3) $6,3 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

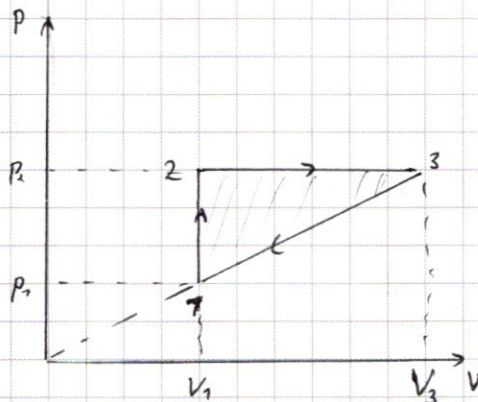
Задача 2:

Найти:

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} - ?$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} - ?$

3) $\eta_{\text{max}} - ?$



1)

Рассмотрим участки и проверим возрастает или убывает на них T .

$1 \rightarrow 2$ $V = \text{const}$, $P \uparrow \Rightarrow T \uparrow$ $PV = \nu RT$

$2 \rightarrow 3$ $P = \text{const}$, $V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$

$3 \rightarrow 1$ $P \propto V$ (линейная зависимость) $\Rightarrow \Delta PV = \Delta V^2 = \nu RT$ $V \downarrow \Rightarrow T \downarrow$

Значит точно найти отношение теплоемкостей на участках $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$

$Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$

$Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + P_2 (V_3 - V_2) = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} R$

$\begin{cases} P_2 V_2 = \nu R T_2 \\ P_2 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow P_2 (V_3 - V_2) = \nu R \Delta T_{23}$

$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$

2) из второго пункта

$\left. \begin{aligned} Q_{23} &= \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \\ A_{23} &= P_2 (V_3 - V_2) = \nu R \Delta T_{23} \end{aligned} \right\} \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$

$$3) \eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{(P_2 \cdot P_1)(V_3 - V_2)}{2}}{P_2 (V_3 - V_1)} = \frac{P_2 - P_1}{2 P_2} = \frac{1}{2} - \frac{P_1}{2 P_2}$$

(положительное)

$\eta < \frac{1}{2}$, т.к. ~~из~~ $\frac{1}{2}$ вычитается некоторое число

Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$ 2) $\frac{Q_{12}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$ 3) $\eta = \frac{1}{2}$ (хотя вернее $\eta < \frac{1}{2}$)

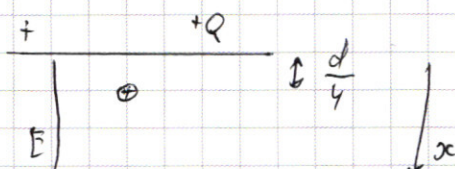
Задача 3:

Дано:
 $d \ll \sqrt{S}$; S
 T ; $\frac{q}{m} = \gamma$

1) V_1 ?

2) Q ?

3) V_2 ?



$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

π 3-к Ньютона:

$$m\vec{a} = q\vec{E} \quad \text{на } Ox; \quad ma = qE \Rightarrow a = \gamma E = \frac{\gamma Q}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{3d}{4} = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow \frac{\gamma Q T^2}{2 \epsilon_0 S} = \frac{3d}{4} \Rightarrow Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2 \gamma T^2}$$

$$V_1 = 0 + aT =$$

$$\Delta K = A \Rightarrow \frac{mV^2}{2} - 0 = E \frac{3d}{4} q \Rightarrow V = \sqrt{\frac{3d q E}{2m}} = \sqrt{\frac{3d \gamma \frac{3d}{2 \gamma T^2}}{2}} = \frac{3d}{2T}$$

После выхода из конденсатора на частицу перестают действовать

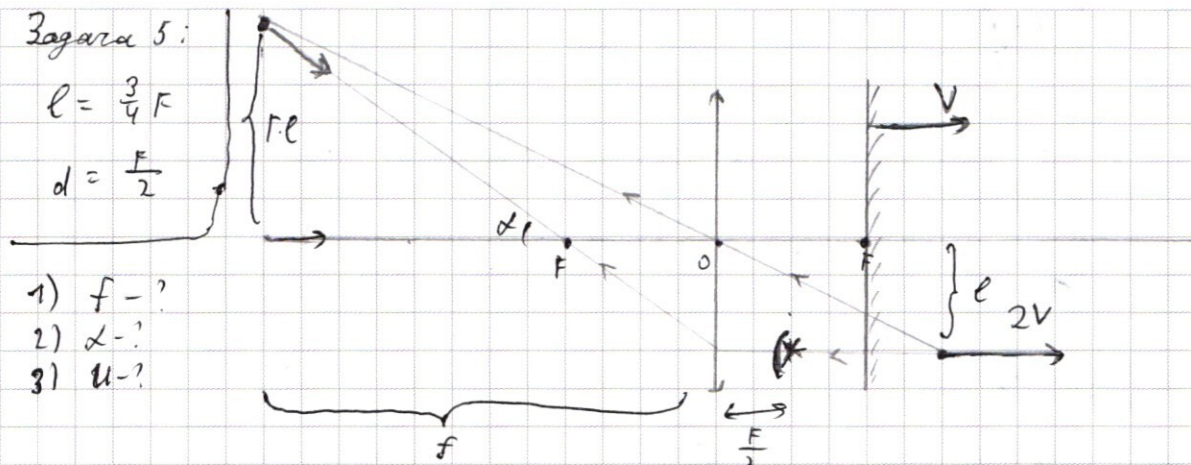
силы $\Rightarrow$ Энергия сохраняется $V_2 = V_1$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{3d}{2T}$

2) $Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2 \gamma T^2}$

3) $V_1 = \frac{3d}{2T}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Расстояние в этот момент от зеркала до источника $f = \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$

Значит изображение источника! в зеркале! будет находиться на

$d_1 = \frac{3}{2} F$ от линзы. (движется со скоростью $2V$)

$d_1 > F$, линза собирающая

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{d_1 F}{d_1 - F} = \frac{\frac{3}{2} F^2}{\frac{1}{2} F} = 3F$$

2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Gamma \cdot \ell}{f - F} = \frac{2 \cdot \frac{3}{4} F}{2F} = \frac{3}{4}$ (изображение движется к фокусу)

$$\Gamma = \frac{f}{d_1} = \frac{3F}{\frac{3}{2} F} = 2$$

3) $U = \Gamma^2 \cdot 2V = 8V$ (скорость изображения вдвое от скорости)

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{9}{16}}} = \frac{4}{5}$$

$$U = \frac{8V}{\cos \alpha} = \frac{8V}{\frac{4}{5}} = 10V$$

Ответ: 1) $f = 3F$

2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$

3) $U = 10V$

Задача 4:

$$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

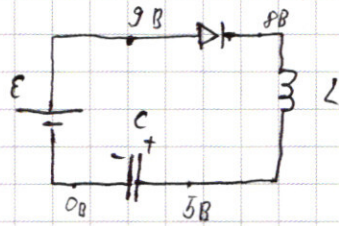
$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \mathcal{E}_{\text{инд}} = -L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \boxed{\frac{dI}{dt}(t_0)} = -\frac{\mathcal{E}_{\text{инд}}}{L} = \frac{U_0}{L} = \frac{3 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



$$U_L = 9 \text{ В} - 5 \text{ В} = 3 \text{ В}$$

$$1) \frac{dI}{dt}(t_0) - ?$$

$$2) I_{\text{max}} - ?$$

$$3) U_2 - ?$$

3) В какой-то момент времени конденсатор становится нулевым,

$$U_2 = 9 \text{ В} - 0 \text{ В} = 9 \text{ В}$$

$$2) U_0 = L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$\frac{d^2 I}{dt^2} + \frac{1}{LC} I = \frac{\mathcal{E}}{L} \quad t = \frac{\pi - \varphi}{\omega}$$

$$q(t) = A \sin(\omega t + \varphi) + CU_1 \quad q(t) = CU_1$$

$$I(t) = A \omega \cos(\omega t + \varphi)$$

$$I_{\text{max}} = A \omega$$

$$q(t) = A + C(\mathcal{E} - U_0) = q(t) = A + CU_1$$

$$t = \frac{\pi - \varphi}{\omega}$$

$$2) U_0 = L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{LC} q = \frac{U_3}{L}$$

$$q(t) = A \sin(\omega t + \varphi) + CU_3$$

$$A \sin A = CU_1$$

$$I(t) = A \omega \cos(\omega t + \varphi)$$

$$A = \mathcal{E}$$

пох максимум в какой-то момент времени, т.к.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \frac{L I^2}{2} + \frac{C U^2}{2} = \frac{C U_2^2}{2} + \cancel{\frac{L I^2}{2} + \frac{C U^2}{2}}$$

$$\Delta q = (U_2 - U) C$$

$$I^2 = \frac{2(U_2 \epsilon C + U C \epsilon + \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U^2}{2})}{L} = -\frac{C}{L} U^2 + \frac{2C \epsilon}{L} U + \frac{2U_2 \epsilon C}{L} + \frac{C U_2^2}{L}$$

$$I = \sqrt{-\frac{C}{L} U^2 + \frac{2C \epsilon}{L} U + \frac{2U_2 \epsilon C}{L} + \frac{C U_2^2}{L}}$$

Корень $\rightarrow$ монотонная ф-я $\rightarrow$ парабола

$$U_{\text{верш}} = \frac{\frac{2C \epsilon}{L}}{\frac{C}{L}} = 2 \epsilon, \text{ но такого напряжения не достигалось}$$

$$U_{\text{max}} = 8 \text{ В}$$

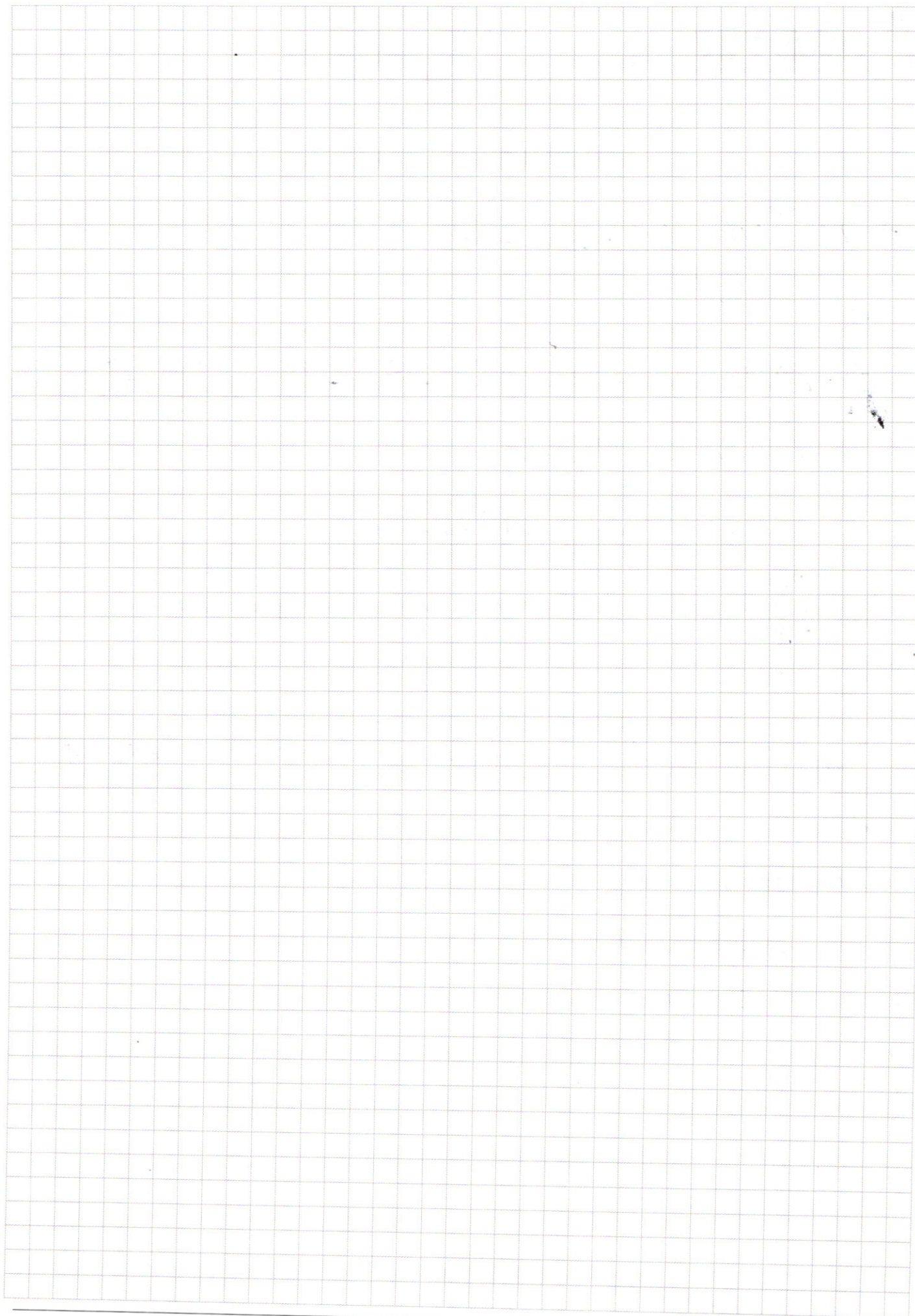
$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1} \cdot 4 \cdot 9 \cdot 8} = 2 \cdot 3 \cdot 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ А} = 12\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ А} \approx 16,8 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

$$I_{\text{max}} \approx 1,68 \cdot 10^{-1} \text{ А}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{dI}{dt} (t_0) = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$2) 0,168 \text{ А} = I_{\text{max}}$$

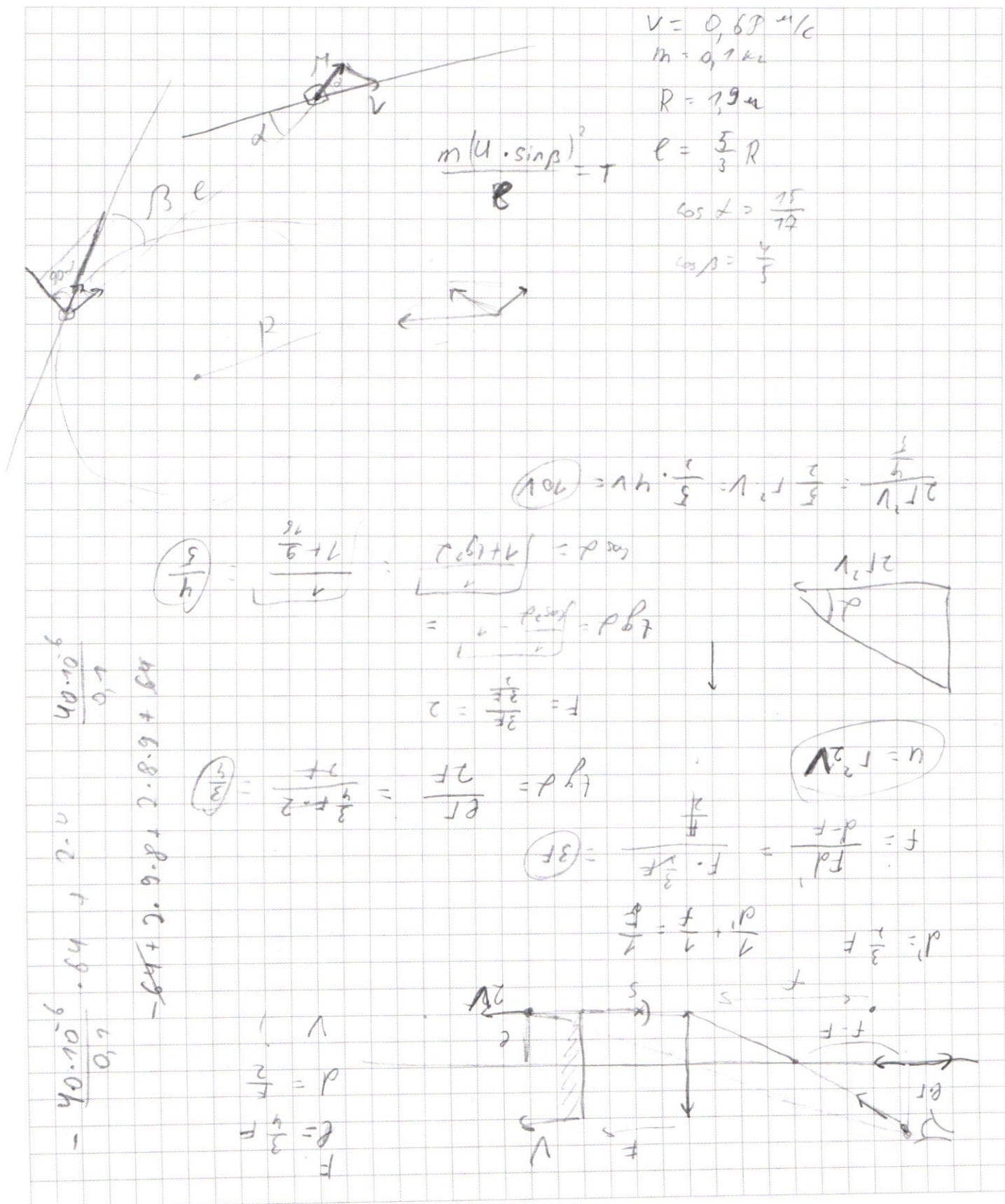
$$3) U_2 = 8 \text{ В}$$

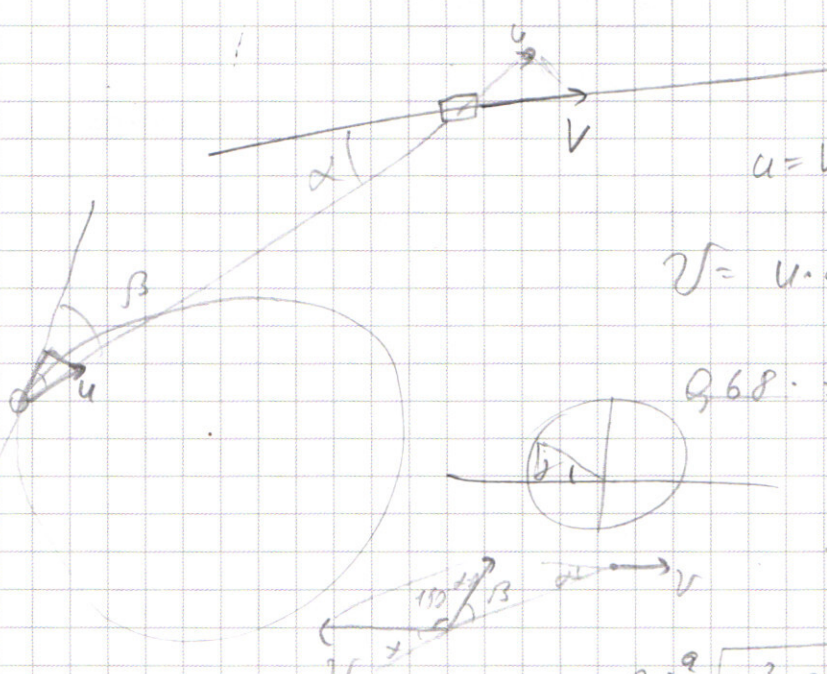


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$u = V \cos \alpha$

$V = u \cdot \cos \beta = V \cos \alpha \cos \beta$

$0,68 \cdot \frac{4}{25} \cdot \frac{88}{100} \cdot \frac{\pi^3}{77} = 0,164$

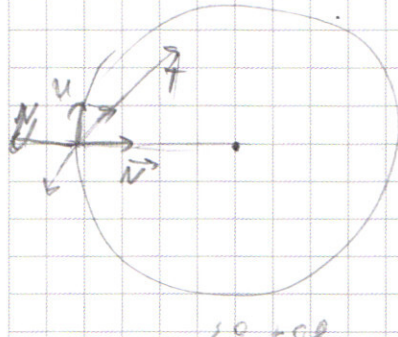
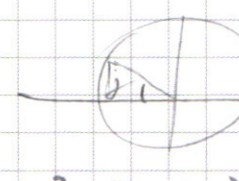
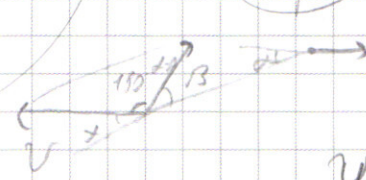
$\cos(\pi - \alpha - \beta)$

$u^2 = \sqrt{u^2 + V^2 + 2uV \cos(\alpha + \beta)}$

$u^2 = \sqrt{u^2 + V^2 + 2uV(\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta)}$

$\frac{m u^2}{R} = \sin \beta + N$

Handwritten calculations and diagrams:

Vertical calculations:

$$\begin{array}{r} 12 \\ 12-9=3 \\ 136 \\ 80+86 \\ 80+86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ 136 \\ 272 \\ 408 \\ 408 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ 136 \\ 272 \\ 408 \\ 408 \end{array}$$

Horizontal calculations:

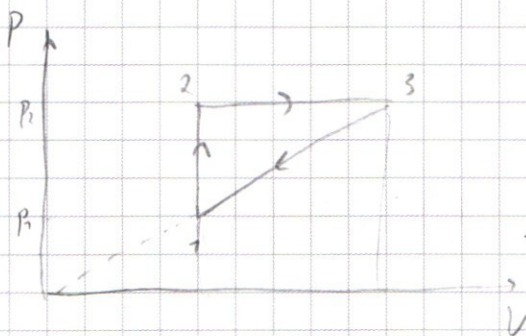
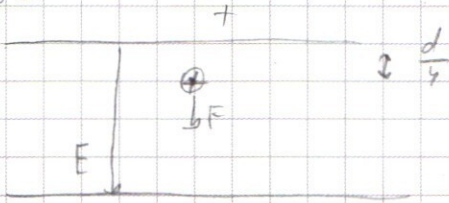
$$\begin{array}{r} 12 \\ 12-9=3 \\ 136 \\ 80+86 \\ 80+86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ 136 \\ 272 \\ 408 \\ 408 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$d \ll \sqrt{s}$$

$$\frac{1}{3F + 18Vt} + \frac{2}{3F + 4Vt} = \frac{1}{F}$$



$$\rho = \alpha V$$

1.2V ↑ ↑

$$\Delta V^2 = JRT$$

2 → 3 p ↑ T ↑

✓ ↓ 7 ↓

$$C_{12} \cancel{\Delta T} = \frac{3}{2} J R \cancel{\Delta T}$$

$$\int p \, dV = p(V_2 - V_1)$$

$$C_{23} \Delta T = \frac{5}{2} J R \Delta T +$$

$$\boxed{1} \quad \left(\frac{3}{5} \right)$$

$$\boxed{2} \quad \left(\frac{3}{2} \right)$$

$$\frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_1 - V_2)}{2}$$

A
Q

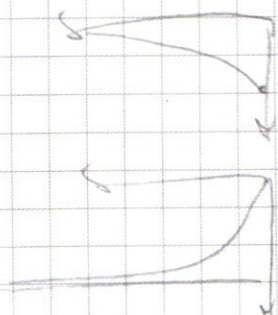
P_1

$$u = 2$$

$$P_2 \cdot (V_2 - V_1)$$

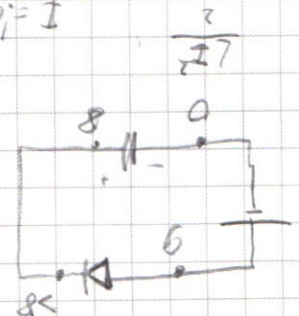
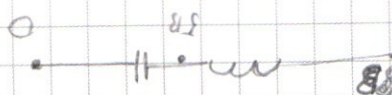
$$\frac{P_1 - P_2}{2P_2} = \frac{1}{2} - \frac{P_1}{2P_2}$$

$$I = \frac{U_c}{U_c}$$



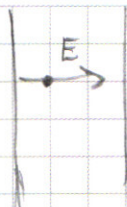
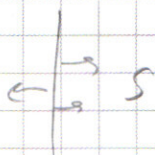
$$I = \text{const.} \cdot \frac{1}{u} = \frac{1}{u} + \frac{1}{u^2}$$

$$36 + \frac{2}{2} = \frac{2}{2}$$



$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$Q \cdot S$$



$$E \cdot S = 4\pi k Q$$

$$E = \frac{4\pi k Q}{S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} E dx = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{Q}{\epsilon_0 S} dx$$

2

$$\frac{3d}{4} = \frac{aT^2}{2}$$

$$ma = qE$$

$$a = \gamma E$$

$$\frac{3}{2}d = \frac{\gamma E T^2}{2} \Rightarrow E = \frac{3d}{2\gamma T^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2\gamma T^2}$$

$$Edq = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2Ed\gamma} = 2$$

$$\frac{LJ^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = W + qE$$

$$\frac{q^2}{2C}$$

$$W_n = \frac{CU_n^2}{2}$$

$$\int \frac{3d}{2\gamma T^2} dx = \int \frac{d}{T}$$

$$E = 2R$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{3d\epsilon_0 S}{2\gamma T^2 - 6S}$$

$$Q_{n1} = \frac{2}{3} \gamma R \Delta T_{n1} + A$$

$$Q_{n2} = \frac{2}{3} \gamma R \Delta T_{n2}$$

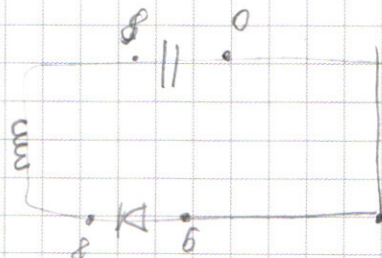
$$Q_{n3} = \frac{2}{3} \gamma R \Delta T_{n3}$$

$$A =$$

$$\frac{dQ}{dt} = 0$$

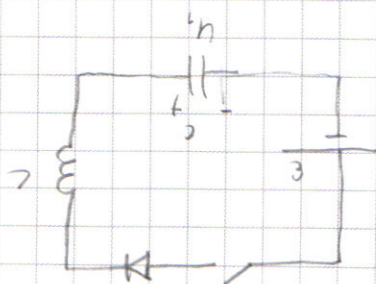
$$\textcircled{3} \quad \textcircled{3}$$

$$\textcircled{30} = \frac{40}{3}$$



$$\frac{L}{U} = L \frac{dI}{dt} = I_{avg}$$

$$\frac{dI}{dt}$$



$$U_0 = 1B$$

$$E = 9 \quad C = 40 \mu F$$

$$U_1 = 5B \quad L = 0.7H$$

$$\frac{1}{R}$$

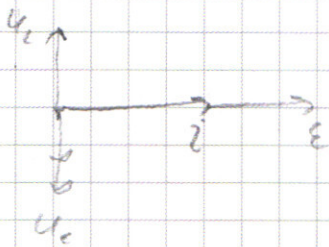
$$\frac{1}{3R+2Vt}$$

$$\frac{1}{3R+2Vt}$$

$$3R+$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]



$$z^2 + (u_c - u_c)^2 = \dots$$

$$i = \dots$$

$$i = \dots$$

$$= I$$

$$U = L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$2(n \cdot n) \cdot \frac{1}{\cos} = \frac{z}{n} + \frac{z}{2I}$$

$$q \frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{1}{LC} z = \frac{U}{L}$$

$$a \cdot \frac{1}{LC} = \frac{U}{L} \quad CU$$

$$q = A \sin(\omega t + \varphi) + CU$$

$$q = CU$$

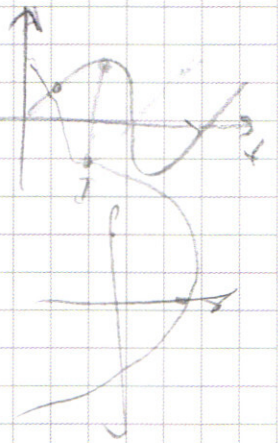
$$A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$Aw$$

$$0$$

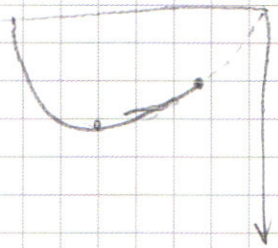
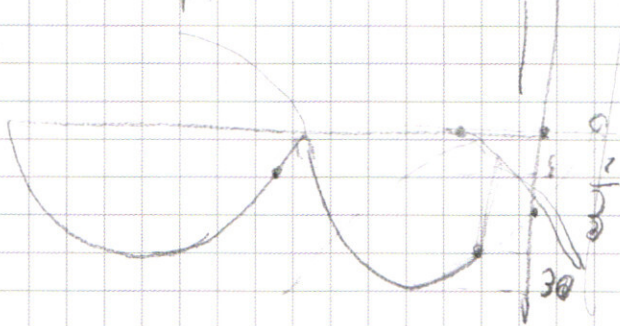
$$q = CU$$

$$q \uparrow$$



$$I = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$I = A \omega$$



$$I = \frac{U}{L}$$

$$\sin(\omega t + \varphi) = I$$

$$3I + \frac{z}{n} = \frac{z}{n} + \frac{z}{2I}$$

$$dI = \frac{z}{L}$$

$$\frac{z}{L} = \frac{U}{L}$$

$$\frac{z}{L} = \frac{U}{L}$$

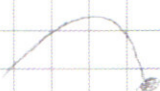
$$\frac{z}{L} = \frac{U}{L}$$

$$\frac{z}{L} = \frac{U}{L}$$

$$p + (h + m) \sin(\omega t + \varphi) = p$$

$$p =$$

$$0 = (h + m) \sin(\omega t + \varphi)$$



$$0 = \frac{h}{L}$$

$$\frac{z}{L}$$

$$I = \frac{U}{L}$$

$$4.4 \cdot 9.8 \cdot 12 + 4.8$$

$$U = \frac{p}{L} p + h$$